Pêches et Océans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans
Région du Pacifique

Fisheries and Oceans Canada
Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2015/054

ÉLABORATION D'INDICATEURS FONDÉS SUR LES RISQUES POUR LA ZONE DE PROTECTION MARINE DU MONT SOUS-MARIN BOWIE (SGAAN KINGHLAS) À L'AIDE DU CADRE D'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOLOGIQUE

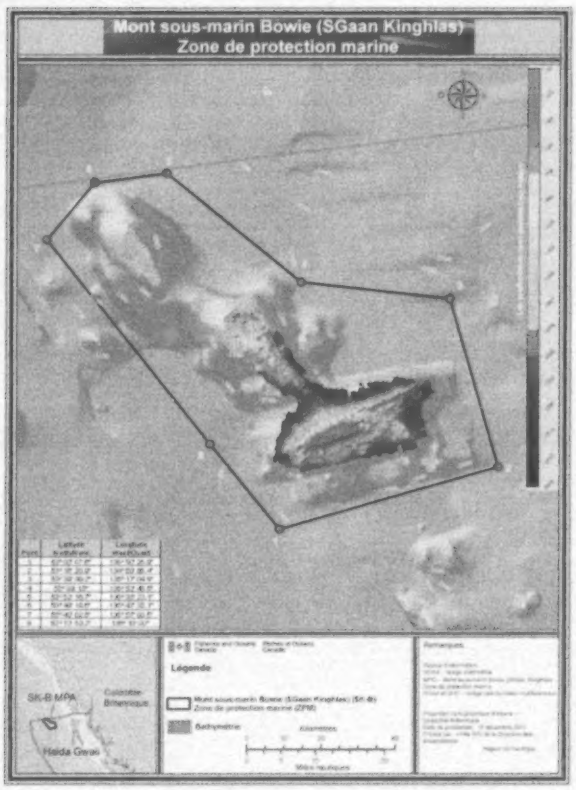

Figure 1. Carte bathymétrique de la zone de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) Carte fournie par G. Oldford, Gestion des océans, Pêches et Océans Canada, Vancouver (C.-B.)

Contexte :

La Loi sur les océans et la Stratégie sur les océans du Canada exigent que Pêches et Océans Canada (MPO) dirige l'élaboration et la mise en œuvre d'une approche écosystémique de précaution, intégrée et durable, en matière de gestion des océans. Une étape essentielle vers la réalisation de ces engagements est l'application d'un cadre d'analyse axé sur les risques afin de déterminer les problèmes de gestion et en établir les priorités, et servir de base à l'élaboration d'objectifs de conservation, de stratégies de gestion et de plans d'action pour les zones étendues de gestion des océans (ZEGO) et les zones de protection marine (ZPM).

Un cadre en cinq étapes pour l'établissement des indicateurs de rendement dans la ZPM du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) a été élaboré et révisé (MPO 2011) et le cadre d'évaluation du risque écologique a été utilisé pour dresser une liste des composantes importantes de l'écosystème (CIE), classées en fonction leurs cotes de risque estimées à partir de l'exposition aux activités et agents de stress anthropiques dans la ZPM du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) (MPO 2015). La liste des CIE classées selon le risque vise à appuyer l'élaboration d'indicateurs axés sur le risque pour surveiller les progrès réalisés par rapport à l'atteinte des objectifs de conservation dans la ZPM du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas), tandis que les activités et agents de stress qui sous-tendent la notation des risques serviront de base à l'élaboration de plans de surveillance.

La détermination des indicateurs, des stratégies de surveillance et des plans pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation constitue une composante fondamentale de la planification des ZPM et de leur mise en œuvre dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. Les indicateurs proposés par l'entremise de ces travaux pour la ZPM du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) pourront être utilisés une fois que les objectifs de conservation opérationnels auront été établis.

Décembre 2015

Canada

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 20 et 21 mai 2015 sur l'élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour les zones de protection marines du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) et du champ hydrothermal Endeavour à l'aide du cadre d'évaluation du risque écologique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- On a examiné un cadre fondé sur les risques visant à sélectionner les indicateurs écologiques et à en établir l'ordre de priorité, à l'aide des extrants d'une application du cadre d'évaluation du risque écologique (CERE) (O *et al.* 2015), ainsi que d'un ensemble proposé d'indicateurs fondés sur les risques pour la ZPM du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) (ZPM SK-B).
- Les indicateurs fondés sur les risques permettent de surveiller le risque de dommages aux CIE attribuables à des activités anthropiques et aux agents de stress connexes, et ils peuvent fournir de l'information sur les interactions entre CIE et agents de stress, et aux CIE les plus à risque. Ces indicateurs peuvent être propres aux CIE, propres à un agent de stress, ou propres à une interaction CIE/agents de stress.
- Les ensembles d'indicateurs fondés sur les risques proposés pour les agents de stress *actuels* (prévisibles et qui se déroulent la plupart des années) et les agents de stress *potentiels* (imprévisibles et qui se produisent rarement) peuvent soutenir l'élaboration de stratégies et de plans pour surveiller les répercussions des activités humaines dans la ZPM SK-B. Il est recommandé que les indicateurs pour les deux catégories d'agents de stress (*actuels et potentiels*) soient considérés comme représentant chacun différents types de risques, états des connaissances et besoins en matière de gestion pour assurer une surveillance efficace.
- Le cadre pour la sélection des indicateurs fondés sur les risques décrit clairement les procédures à suivre pour choisir et établir l'ordre de priorité des indicateurs, ainsi que le processus décisionnel pour appliquer le cadre. Ces éléments du cadre de gestion appuient l'obtention de résultats comparables entre les utilisateurs et lorsqu'il est appliqué à d'autres ZPM ou unités de gestion.
- Les indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, ce qui fait ressortir une importante lacune dans les données sur la ZPM SK-B : la nécessité d'établir des données de référence (p. ex., biologie, habitat) pour toutes les CIE. Les activités de recherche passées ont eu tendance à mettre l'accent sur les CIE situées sur le pinacle du mont sous-marin Bowie et, par conséquent, relativement peu de données sont disponibles provenant d'autres secteurs de la ZPM. Il est recommandé que des programmes pour recueillir les renseignements de référence adéquats soient conçus et mis en œuvre à l'avenir, et qu'un effort ciblé pour repérer et évaluer l'utilité de l'information et des données rétrospectives découlant de recherches passées effectuées sur le site soient envisagées.
- Il est recommandé de surveiller simultanément une combinaison des interactions CIE/agents de stress, les CIE, de même que les indicateurs des agents de stress, car il est nécessaire d'établir des données de référence sur les CIE et de mesurer l'impact de la perturbation en même temps afin de séparer la variation naturelle de la variation anthropique. La surveillance des indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress fournit des données de référence, et la surveillance des indicateurs des CIE/agents de stress fournit de l'information sur les perturbations.
- L'ensemble d'indicateurs *actuels* mesure directement les interactions entre les CIE et les agents de stress. Les indicateurs les plus instructifs des activités et agents de stress *actuels* sont les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, suivis des indicateurs des CIE et de ceux des agents de stress. Par exemple, pour les coraux bambous (*Isidella tentaculum*) (CIE), exposés à

l'écrasement (agent de stress) lors de la pêche au casier (activité), le nombre de colonies délogées est proposé comme indicateur de l'interaction CIE/agent de stress, l'abondance est proposée comme indicateur propre à la CIE et la zone écrasée comme indicateur propre à l'agent de stress dans la ZPM SK-B.

- Les indicateurs des interactions *potentielles* entre les CIE et les agents de stress sont généralement moins précis que ceux des agents de stress *actuels* en raison de la présence imprévisible de ces agents de stress, du niveau d'incertitude élevé concernant l'exposition et les conséquences de ces interactions, et du manque de données de référence établies de façon à pouvoir mesurer l'impact. Il est recommandé de considérer un processus en deux étapes pour surveiller les ensembles d'indicateurs des agents de stress *potentiels* :

  (1) établir des données de référence sur l'abondance de la population et l'exposition possible à un agent de stress à l'aide d'indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress avant l'occurrence d'un agent de stress;

  (2) lorsque l'agent de stress *potentiel* se manifeste, utiliser les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, et comparer ces valeurs avec les données de référence établies pour mesurer la perturbation.

- L'efficacité des indicateurs proposés à mesurer les changements aux CIE qui résultent d'interactions avec les agents de stress ne sera pas pleinement déterminée avant le début de la surveillance. Il est recommandé que le rendement des indicateurs proposés soit évalué en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des agents de stress et l'établissement de données de référence sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres.

- Il est recommandé que les protocoles d'échantillonnage des indicateurs dans la ZPM SK-B mettent l'accent sur des méthodes d'échantillonnage non destructives, comme des véhicules téléguidés, des caméras sous-marines et des amarrages avec des hydrophones et des instruments océanographiques, et incluent les données actuelles recueillies à partir de la pêche au casier de la morue charbonnière. Une approche progressive est recommandée afin de réduire au minimum la fréquence et l'étendue de la surveillance destructrice. Par exemple, pour estimer la biomasse des CIE, il vaut mieux s'en tenir aux périodes et aux emplacements de la surveillance visuelle en cours.

- Il est recommandé d'utiliser une approche itérative pour élaborer les objectifs de conservation opérationnels afin de préciser la liste des indicateurs fondés sur les risques proposés, et de sélectionner les indicateurs écosystémiques dans la ZPM SK-B.

INTRODUCTION

La *Loi sur les océans* du Canada et la Stratégie sur les océans engagent le MPO à diriger l'élaboration et la mise en œuvre d'une approche écosystémique intégrée, durable et prudente en matière de gestion des océans. Une étape essentielle vers la réalisation de ces engagements est l'application d'un cadre d'analyse axé sur les risques afin de déterminer les problèmes de gestion et en établir les priorités, et servir de base à l'élaboration d'objectifs de conservation, de stratégies de gestion et de plans d'action pour les zones étendues de gestion des océans (ZEGO) et les ZPM.

Un cadre pour déterminer, choisir et classer par ordre de priorité les indicateurs fondés sur les risques dans la ZPM SK-B à l'aide des résultats d'une évaluation du risque écologique comme intrants a été proposé par Davies *et al.* (2011) et examiné par la suite (MPO, 2011). Un CERE a été élaboré pour évaluer le risque potentiel de dommages aux CIE par les activités anthropiques et les agents de stress connexes (O *et al.* 2015), et a été appliqué à la ZPM SK-B (MPO 2015). Les principaux renseignements produits par le CERE sont une liste de CIE dans la ZPM SK-B classées par risque

cumulatif de dommages, et la détermination des activités et agents de stress qui induisent ces risques. La liste de classement des CIE et l'information sur les facteurs de risque sont nécessaires pour soutenir l'élaboration d'indicateurs fondés sur les risques. Ces indicateurs serviront à surveiller les progrès réalisés par rapport à l'atteinte des objectifs de conservation dans la ZPM SK-B, tandis que les activités et agents de stress qui régissent la notation des risques serviront de fondement à l'élaboration de plans de surveillance.

Le Programme des océans du MPO a demandé l'avis du Secteur des sciences du MPO sur la sélection et l'établissement de la priorité des indicateurs fondés sur les risques dans la ZPM SK-B. La détermination des indicateurs, des stratégies de surveillance et des plans pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation constitue une composante fondamentale de la planification des ZPM et de leur mise en œuvre dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. Les indicateurs proposés par l'entremise de ces travaux pour la ZPM SK-B pourront être utilisés une fois que les objectifs de conservation opérationnels auront été établis.

Zone de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas)

La ZPM SK-B est située dans l'océan Pacifique Nord, à environ 180 km à l'ouest de Haida Gwaii, en Colombie-Britannique, au Canada (figure 1). Les monts sous-marins Bowie, Hodgkins et Davidson sont situés à l'intérieur de ses frontières, formant ainsi l'extrémité sud de la chaîne de monts sous-marins Kodiak-Bowie. S'élevant de manière abrupte du plancher océanique, les monts sous-marins sont connus pour abriter des écosystèmes diversifiés, productifs et riches sur le plan biologique. La zone du mont sous-marin Bowie, le plus important dans la ZPM SK-B, s'élève à une hauteur de 3 000 m dans la zone photique, à moins de 25 m de la surface, ce qui en fait le volcan sous-marin le moins profond dans les eaux canadiennes. Cet habitat peu profond au large des côtes est peu commun dans la haute mer, et la combinaison de la distance de la côte à la remontée des eaux et le mélange de l'eau par turbulence qui est caractéristique des monts sous-marins a donné lieu à un écosystème productif et varié sur le plan biologique, mais isolé sur le plan écologique, contenant à la fois des espèces côtières et d'eau profonde (Davies *et al.* 2011).

Le mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) revêt une importance particulière sur le plan culturel pour la Première Nation Haïda, étant donné que SGaan Kinghlas signifie « être surnaturel regardant au loin ». Le MPO a identifié le mont sous-marin Bowie en tant que ZPM pilote en 1998 et, avec sa désignation officielle de ZPM en 2008, la zone d'intérêt s'est élargie pour inclure les monts sous-marins Hodgkins et Davidson avoisinants. Pêches et Océans Canada et le Conseil de la nation Haïda (CNH) ont signé un protocole d'entente (PE) pour sa gestion collaborative en 2007 (Davies *et al.* 2011) et établi un Conseil de gestion MPO-CNH en 2009.

ÉVALUATION

Résultats du Cadre d'évaluation du risque écologique

Seize composantes importantes de l'écosystème (CIE) ont été identifiées dans la ZPM SK-B pendant la phase d'établissement de la portée de l'application du CERE, mais seulement quatorze CIE (dix relatives à l'espèce et quatre relatives à l'habitat) et 32 agents de stress associés aux navires, à la recherche, aux relevés sismiques et à la pêche ont été soumis à l'application de niveau 2 du CERE dans la ZPM SK-B (Rubidge *et al.* [1]). Les agents de stress ont été classés comme étant *actuels* ou *potentiels* selon leur prévisibilité et la fréquence de leur occurrence. Les agents de stress *actuels* se manifestent de façon prévisible et relativement fréquente (p. ex., la plupart des années), tandis que

[1] Rubidge, E., Thornborough, K., et O., M. 2015. Ecological risk assessment for the SGaan Kinghlas Bowie Seamount Marine Protected Area. Secr. can. de consult. sci, Doc. de rech. En cours de révision.

l'occurrence des agents de stress *potentiels* est imprévisible dans le temps et l'espace, et leur fréquence est inférieure à une fois par an, par exemple une fois tous les 5 à 10 ans (MPO 2015).

Le corail bambou, *Isidella tentaculum*, et deux CIE relatives aux habitats biogéniques, l'habitat des coraux *Alcyonacea* et de l'éponge, ont eu l'estimation des cotes de risque cumulatif les plus élevées dans la ZPM SK-B. Le sébaste à œil épineux a reçu la cote de risque cumulatif la plus élevée de toutes les CIE relatives au poisson. Le sébaste à œil épineux a reçu la quatrième estimation de risque cumulatif la plus élevée et la plus élevée des CIE relatives au poisson, mais il existe un chevauchement considérable dans les estimations des risques pour les CIE relatives au poisson, lequel est interprété comme signifiant que les CIE relatives au poisson connaissent des niveaux de risque cumulatif comparables dans la ZPM SK-B. Les galatées obtiennent la cote de risque cumulatif la plus faible dans la ZPM SK-B et sont affectées par le plus petit nombre d'agents de stress (9) de toutes les CIE, possiblement parce que leur mobilité et les caractéristiques de la population leur permettent d'éviter les incidences benthiques et de se rétablir plus rapidement que les invertébrés plus sessiles. Tous les agents de stress *potentiels* (déversements d'hydrocarbures, espèces aquatiques envahissantes (EAE), essais sismiques) ont reçu les cotes de puissance les plus élevées (cotes de risque cumulatif d'un agent de stress additionnées pour l'ensemble des CIE) dans la ZPM SK-B. Les cotes de puissance sont généralement associées à un haut degré d'incertitude, particulièrement en ce qui a trait au facteur de la durée d'exposition de l'équation du risque, car celui-ci est évalué selon le principe de la pire éventualité relativement à l'exposition et aux conséquences.

Cadre de sélection des indicateurs

Les indicateurs fondés sur les risques sont utilisés pour surveiller le risque de dommages aux CIE découlant des activités anthropiques et des agents de stress connexes, et ils sont déterminés à l'aide des extrants d'un CERE appliqué à une zone précise. Les indicateurs fondés sur les risques peuvent être sélectionnés pour des CIE, des agents de stress et des interactions CIE/agents de stress, selon leur cote de risque relatif. Les incertitudes associées au risque relatif calculé aident à déterminer les lacunes dans les connaissances, et la division des agents de stress en agents de stress *actuels* (prévisibles et qui se produisent la plupart des années) et *potentiels* (imprévisibles et peu fréquents) permet de différencier l'approche en matière d'indicateurs de surveillance à différentes échelles temporelles (c.-à-d. événement unique ou surveillance de la série chronologique).

Le cadre pour la sélection des indicateurs fondés sur les risques (figure 2) utilise les résultats de l'application du CERE et comprend trois étapes :

(1) l'établissement de l'ordre de priorité des CIE et des agents de stress d'après les résultats de l'application du CERE (estimation du risque cumulatif et incertitude);

(2) la détermination des principaux facteurs de risque et de l'incertitude que les indicateurs doivent surveiller;

(3) la détermination des indicateurs qui répondent à plusieurs critères de sélection.

Les indicateurs des CIE ont été choisis en fonction des principaux paramètres de la taille de la population (ou de l'habitat) et de l'état de la population (ou de l'habitat), qui sont directement liés à la résilience dans l'équation du risque du CERE, où le changement aigu et le changement chronique correspondent à la taille de la population et à l'état de la population respectivement. Les indicateurs des agents de stress sont fondés sur les composantes de la durée d'exposition de l'équation du risque, y compris la répartition (superficie/profondeur), le caractère saisonnier (chevauchement temporel), et l'ampleur et la fréquence des perturbations (intensité). Les indicateurs ont été choisis pour toutes les CIE et les agents de stress ont été intégrés à des ensembles d'indicateurs *actuels* et *potentiels* pour les interactions entre les CIE, le cas échéant.

La sélection des indicateurs fondés sur les risques est un élément du cadre de gestion adaptative mis en œuvre par le MPO pour la ZPM SK-B. Les indicateurs sont sélectionnés en fonction des résultats d'une application du CERE, et ils serviront à élaborer des stratégies de surveillance, transposer des objectifs stratégiques en objectifs de conservation opérationnels et à élaborer des plans de surveillance. Le cadre de gestion adaptative est itératif et comporte des boucles de rétroaction entre de nombreuses étapes, lesquelles permettent d'inclure des données sur d'autres espèces ou agents de stress (p. ex., fréquence sonore du bruit des navires) dans la ZPM SK-B, ou des renseignements sur les nouvelles technologies qui seront inclus dans les futures itérations de l'évaluation des risques, l'évaluation des indicateurs, la sélection de nouveaux indicateurs et le peaufinage des plans de surveillance.

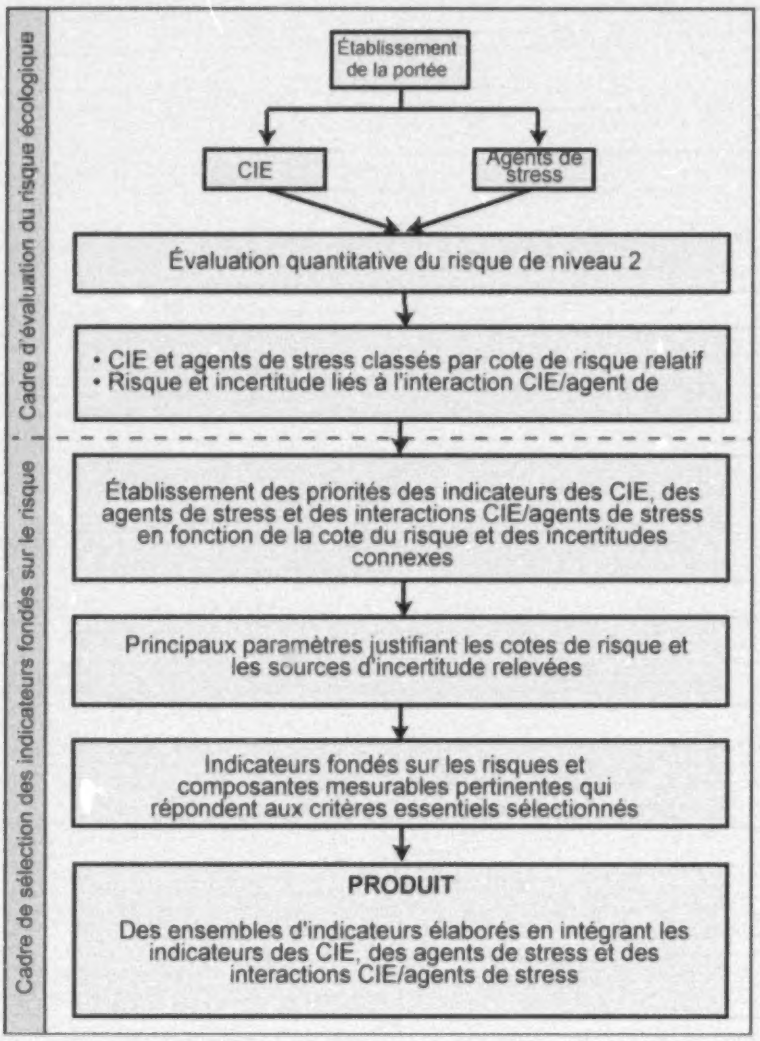

Figure 2. Aperçu du cadre utilisé pour sélectionner les indicateurs fondés sur les risques pour la ZPM SK-B. L'aperçu montre le lien avec le CERE et la façon dont les résultats d'une application du CERE constituent les intrants nécessaires à la sélection des indicateurs.

Les indicateurs fondés sur les risques ont été choisis de façon à atteindre l'objectif de fournir des mesures utiles des CIE, des agents de stress et des interactions CIE/agents de stress dont il est question dans le CERE. Le processus de sélection a été guidé par les critères des indicateurs présentés dans la littérature scientifique, notamment :

(1) solidité théorique (preuve de l'utilisation);

(2) caractère mesurable et faisable;

(3) sensibilité aux changements d'un paramètre précis de l'écosystème;

(4) disponibilité des données historiques.

Trois autres critères de sélection – la rentabilité, la sensibilisation du public, ainsi que des liens avec des questions de gestion, des mesures et des cibles – ont également été définis dans la littérature scientifique, mais ils ne sont pas utilisés dans ce processus parce qu'ils sont liés à la mise en œuvre du programme et conviennent mieux au peaufinage de la liste des indicateurs fondés sur les risques recensés ici, lorsque des stratégies et des plans de surveillance concrets ont été élaborés.

Les indicateurs pour les CIE et les agents de stress ont été choisis à partir de la littérature scientifique et des discussions avec des experts de la ZPM et étaient nécessaires pour remplir les quatre premiers critères énumérés ci-dessus. Le quatrième critère, la disponibilité des données historiques, n'a pas été jugé essentiel pour la sélection des indicateurs dans la ZPM SK-B, car les données historiques relatives à la biologie, l'habitat, la bathymétrie et les processus océanographiques sont limitées ou l'accès à ces données est limité à l'heure actuelle. Le critère sur les données historiques pourrait être un critère de sélection essentiel dans d'autres applications de ce cadre. Si un indicateur approprié n'était pas disponible dans la littérature scientifique ou ne pouvait être trouvé pour une CIE ou un agent de stress en particulier, une espèce/un habitat ou un agent de stress semblable a été utilisé respectivement. Le critère de sensibilité n'a pas été appliqué aux indicateurs des agents de stress, car les agents de stress ne réagissent pas à des changements de paramètres précis de l'écosystème. Une plus grande importance a plutôt été accordée au critère de données historiques pour les indicateurs des agents de stress.

Les 196 interactions entre les CIE et les agents de stress définis dans la ZPM SK-B (Rubidge *et al.*[1]) ont été classées par ordre de priorité afin de réduire le nombre d'interactions avant le début de la sélection des indicateurs. Le processus d'établissement des priorités a permis de classer les interactions entre les CIE et les agents de stress en fonction de la cote de risque et de l'incertitude, et a permis de catégoriser les interactions en priorité élevée, modérée et faible. Des indicateurs ont été sélectionnés seulement pour les interactions de priorité élevée ou modérée. La cote de risque et l'incertitude ont été utilisées dans le cadre de ce processus, car les résultats de l'évaluation des risques ont clairement révélé que l'incertitude peut renforcer la cote de risque et est efficace pour déterminer les lacunes dans les connaissances. Les interactions entre les CIE et les agents de stress ont été divisées en interactions *actuelles* et *potentielles* avant l'établissement des priorités afin d'éviter que l'ensemble définitif des indicateurs soit dominé par des interactions *potentielles*. Les interactions *actuelles* et *potentielles* sont requises pour la sélection des indicateurs, car chacune met en évidence les différentes lacunes en matière d'information et les besoins relatifs à la surveillance et à la gestion.

Indicateurs fondés sur les risques

Les CIE présentant les mêmes caractéristiques du cycle biologique ont été regroupées, et des ensembles d'indicateurs ont été élaborés, à la fois pour les agents de stress *actuels* (tableau 1) et les agents de stress *potentiels* (tableau 2). Un ensemble d'indicateurs plutôt qu'un seul indicateur fournit des options et permet de saisir une plus grande gamme d'attributs. Les indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress présentés dans l'ensemble final d'indicateurs ont fait l'objet d'un processus de

peaufinage supplémentaire, où seuls les indicateurs qui peuvent aider à éclairer l'interaction CIE/agents de stress ont été inclus. L'ensemble d'indicateurs proposé pour les interactions CIE/agents de stress *actuelles* et *potentielles* est présenté aux tableaux 1 et 2 respectivement. Les composantes mesurables de ces indicateurs, qui décrivent de quelle façon l'indicateur est mesuré, sont présentées en annexe. L'inclusion de ces indicateurs des interactions CIE/agents de stress, propres aux CIE, et propres à des agents de stress dans les ensembles sert deux objectifs :

(1) proposer d'autres options si aucun indicateur propre à l'interaction ne peut être mesuré;

(2) puisque les bases de référence n'ont pas été établies, les renseignements recueillis par l'intermédiaire de la surveillance des indicateurs propres aux agents de stress et aux CIE permettront de créer des valeurs de référence à partir desquelles les tendances des relevés subséquents pourront orienter la gestion des objectifs de conservation.

Les indicateurs fondés sur les interactions CIE/agents de stress *actuelles* et *potentielles* posent un autre type de risque et demandent des connaissances particulières et ils pourraient nécessiter des approches de gestion différentes.

Tableau 1. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions CIE/agents de stress actuelles dans la ZPM SK-B, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités. Seules les interactions à priorité modérée et élevée sont présentées.

CIE	Activité	Agent de stress	Indicateur de l'interaction CIE/agents de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à l'agent de stress
Isidella tentaculum Coraux (habitat) Éponges (habitat)	Pêche aux casiers ou aux nasses	Perturbation du substrat (écrasement)	• Nombre de colonies avec des dommages visibles/fragmentation • Nombre de colonies délogées	• Abondance	• Zone écrasée potentielle maximale
		Perturbations du substrat (remise en suspension)	• Nombre de colonies montrant des signes d'étouffement	• Santé/état • Abondance	• Hausse maximale des sédiments en suspension
		Retrait de matières biologiques	• Aucun indicateur précis qui documenterait adéquatement le retrait des coraux et des éponges	• Abondance • Biomasse	• Exposition maximale possible • Prises accessoires
Morue charbonnière Sébaste à œil épineux	Pêche aux casiers ou aux nasses	Retrait de matières biologiques	• Abondance et densité de la population • Biomasse des organismes prélevés	• Abondance • Génétique • Diversité et richesse des espèces	• Prises • Exposition maximale possible
Bocaccio Sébaste aux yeux jaunes	Déplacement en cours	Perturbations sonores	• Aucun indicateur précis qui pourrait être lié à des changements de l'état de la population de poissons découlant du bruit des navires.	• Abondance • Génétique • Diversité et richesse des espèces	• Niveau de bruit dans la ZPM SK-B • Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM SK-B

*Tableau 2. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions CIE/agents de stress potentielles dans la ZPM SK-B, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités. Seules les interactions à priorité modérée et élevée sont présentées. Une **CIE** en gras est seulement touchée par **l'agent de stress** en gras y correspondant.*

CIE	Activité	Agent de stress	Indicateur de l'interaction CIE/agents de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à l'agent de stress
Sébaste à œil épineux Sébaste aux yeux jaunes Bocaccio Veuve Flétan du Pacifique Zaprora Morue charbonnière	Relevés sismiques	Levés sismiques/canons à air	• Abondance en larves • Changement de l'état/effets sublétaux • Réponse comportementale	• Abondance • Génétique • Diversité et richesse des espèces	• Coups de feu (canons à air) • Distance de la ZPM SK-B • Modèles de propagation du son
	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	• Abondance • Densité de la population • Changement de l'état/effets sublétaux • Diversité et structure génétiques	• Abondance • Génétique • Diversité et richesse des espèces	• Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM SK-B • Volume d'hydrocarbures déversés • Type d'hydrocarbures
Macroalgues (habitat) **Algues coralliennes (habitat)**	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	• Abondance • Richesse des espèces/présence de maladies	• Santé/ • État • Abondance • Richesse des espèces	• Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM SK-B • Volume d'hydrocarbures déversés • Type d'hydrocarbures
	Rejets	**Espèces aquatiques envahissantes**	• Abondance • Changement d'état	• Santé/état • Abondance • Richesse des espèces	• Fréquence de l'exposition potentielle • Occurrence/abondance
Éponges (habitat) Coraux (habitat) Espèce *Primnoa* blanc *Isidella tentaculum*	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	• Abondance de colonies avec des dommages visibles/mortalité • Changement de l'état/effets sublétaux	• Santé/état • Abondance • Richesse des espèces	• Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM SK-B • Volume d'hydrocarbures déversés • Type d'hydrocarbures
	Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques envahissantes	• Abondance de colonies avec des dommages visibles/mortalité • Changement de l'état/effets sublétaux	• Santé/état • Abondance • Richesse des espèces	• Fréquence de l'exposition potentielle • Occurrence/abondance
	Rejets	Espèces aquatiques envahissantes	• Abondance de colonies avec des dommages visibles/mortalité • Changement de l'état/effets sublétaux	• Santé/état • Abondance • Richesse des espèces	• Fréquence de l'exposition potentielle • Occurrence/abondance
	Pêche aux casiers ou aux nasses	Espèces aquatiques envahissantes	• Abondance de colonies avec des dommages visibles/mortalité • Changement de l'état/effets sublétaux	• Santé/état • Abondance • Richesse des espèces	• Fréquence de l'exposition potentielle • Occurrence/abondance

Les indicateurs *actuels* (tableau 1) mesurent en grande partie les interactions CIE/agents de stress directes et peuvent être surveillés en même temps que la collecte d'information générale afin d'établir les bases de référence de la population. Les indicateurs les plus instructifs des interactions *actuelles* sont les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, suivis par les indicateurs des CIE, puis les indicateurs des agents de stress. La surveillance des indicateurs des CIE ou des agents de stress pris isolément permettra de réduire les incertitudes concernant la spécificité de ces mesures à une interaction CIE/agents de stress. Bien que l'analyse du trafic maritime et du bruit soit en cours pour étudier les effets des fréquences du son sur les CIE, les données sur l'exposition aux agents de stress *actuels* sont insuffisantes pour la ZPM SK-B.

Les indicateurs des interactions CIE/agents de stress *potentielles* (tableau 2) s'appliquent d'ordinaire moins précisément à l'interaction CIE/agents qu'aux indicateurs des interactions *actuelles*. Cet ensemble d'indicateurs repose sur la surveillance distincte de la CIE ou de l'agent de stress, en raison de la présence imprévisible de ces agents de stress, du niveau élevé d'incertitude concernant l'exposition et les conséquences de ces interactions, et du manque de données de référence établies pour mesurer l'impact. Les indicateurs des CIE sont plus étroitement liés aux mesures de l'abondance (pour établir les données de référence sur la population), et les indicateurs des agents de stress mesurent l'exposition possible à l'agent de stress une fois que l'événement a eu lieu (p. ex., un déversement d'hydrocarbures).

Les essais de rendement de ces indicateurs devraient être effectués soit au moyen d'une méthode d'évaluation officielle, comme des analyses rétrospectives fondées sur la théorie de détection de signaux, ou d'une gestion fondée sur les règles avec une surveillance et des mesures de contrôle (Rochet et Rice 2005). Les indicateurs de rendement peuvent être évalués en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des agents de stress et l'établissement de bases de référence sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres (Jennings 2005).

Les indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, ce qui fait ressortir une importante lacune dans les données sur la ZPM SK-B : les données de référence relatives à l'habitat, à la bathymétrie, aux processus océanographiques et aux CIE sont insuffisantes. Bien qu'une activité de recherche sporadique ait été réalisée sur le site par le passé, l'utilité des données de ces activités n'a pas été cataloguée ni évaluée dans le contexte de l'établissement des changements historiques au fil du temps jusqu'à aujourd'hui. De plus, les données liées à l'exposition des CIE aux agents de stress sont limitées dans la ZPM SK-B. L'établissement des bases de référence est nécessaire pour surveiller la taille de la population et l'état des CIE à l'avenir, et les lier aux agents de stress anthropiques. Ce processus est particulièrement important pour les interactions CIE/agents de stress, puisqu'il est impossible de surveiller les incidences potentielles de ces interactions imprévisibles jusqu'à ce que l'événement se produise.

La détermination des indicateurs, des stratégies de surveillance et des plans pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation constitue une composante fondamentale de la planification des ZPM et de leur mise en œuvre dans les eaux marines canadiennes du Pacifique. Le peaufinage des objectifs de conservation en objectifs opérationnels SMART (stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps) a habituellement lieu avant la définition des indicateurs dans le cadre du processus de gestion adaptative. Les indicateurs proposés pour la ZPM SK-B sont fondés sur les meilleures connaissances disponibles sur l'élaboration et la surveillance des indicateurs et pourront être utilisés une fois que les objectifs de conservation opérationnels auront été établis. Bien que la corrélation entre les indicateurs proposés et les objectifs de conservation opérationnels demeure inconnue, le vaste éventail d'indicateurs devrait permettre de trouver des corrélations pertinentes. L'efficacité de ces indicateurs à mesurer les changements pour les CIE découlant d'interactions avec les agents de stress dans la ZPM SK-B ne sera pas pleinement déterminée avant le début de la

collecte des données et l'analyse de celles-ci. Ce processus peut être mis en œuvre plus tôt pour les interactions CIE/agents de stress *actuelles*, tandis que les interactions *potentielles* ne peuvent être évaluées tant que l'agent de stress ne s'est pas manifesté. Les objectifs de conservation opérationnels peuvent être élaborés en même temps que des stratégies et des plans de surveillance à l'aide d'une combinaison des résultats de l'évaluation des risques et de l'établissement des priorités des interactions CIE/agents de stress déterminées pour ce cadre de sélection des indicateurs fondés sur les risques.

Sources d'incertitude

Les indicateurs établis pour la ZPM SK-B peuvent être utilisés afin de surveiller les répercussions directes ou les modifications aux CIE. La détermination des indicateurs pour surveiller les répercussions indirectes ou les changements associés aux interactions écologiques est complexe et n'a pas été tentée.

Les indicateurs fondés sur les risques ont été sélectionnés avant l'élaboration des objectifs de conservation opérationnels pour la ZPM SK-B. La corrélation entre les indicateurs et les objectifs n'est pas connue à l'heure actuelle, bien que les ensembles d'indicateurs proposés soient suffisamment vastes pour qu'il y ait des corrélations.

Les CIE et les agents de stress qui ont été éliminés au cours de la phase d'établissement de la portée du CERE ou qui ont été exclus du CERE parce qu'ils ne sont pas gérables à l'échelle de la ZPM (p. ex., les espèces de passage comme les mammifères marins ou les oiseaux, les agents de stress naturels) n'ont pas été pris en considération dans la sélection des indicateurs fondés sur les risques.

Le pinacle du mont sous-marin Bowie a fait l'objet d'une attention en matière de gestion et de recherche dans la ZPM SK-B. On en connaît beaucoup moins au sujet des profondeurs sous le pinacle et, plus important encore, au sujet des autres monts sous-marins (Hodgkins et Davidson).

CONCLUSIONS ET AVIS

Les ensembles d'indicateurs fondés sur les risques proposés pour les agents de stress *actuels* (prévisibles et qui se déroulent la plupart des années) et les agents de stress *potentiels* (imprévisibles et qui se produisent rarement) peuvent soutenir l'élaboration de stratégies et de plans pour surveiller les répercussions des activités anthropiques dans la ZPM SK-B. Il est recommandé que les indicateurs des deux catégories d'agent de stress (*actuels* et *potentiels*) soient considérés comme représentant chacun différents types de risques, états de connaissances et besoins en matière de gestion pour une surveillance efficace.

Le cadre pour la sélection des indicateurs fondés sur les risques décrit clairement les procédures à suivre pour choisir et établir l'ordre de priorité des indicateurs, ainsi que le processus décisionnel pour appliquer le cadre. Ces éléments du cadre de gestion appuient l'obtention de résultats comparables entre les utilisateurs et lorsqu'il est appliqué à d'autres ZPM ou unités de gestion.

Les indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, ce qui fait ressortir une importante lacune dans les données sur la ZPM SK-B : la nécessité d'établir des données de référence (p. ex., biologie, habitat) pour toutes les CIE. Les activités de recherche passées ont eu tendance à mettre l'accent sur les CIE situées sur le pinacle du mont sous-marin Bowie et, par conséquent, relativement peu de données sont disponibles provenant d'autres secteurs de la ZPM. Il est recommandé que des programmes pour recueillir les renseignements de référence adéquats soient conçus et mis en œuvre à l'avenir, et qu'un effort ciblé pour repérer et évaluer l'utilité de l'information et des données rétrospectives découlant de recherches passées effectuées sur le site soient envisagées.

Il est recommandé de considérer un processus en deux étapes pour surveiller les ensembles d'indicateurs des agents de stress *potentiels* :

(1) établir des données de référence sur l'abondance de la population et l'exposition possible à un agent de stress à l'aide d'indicateurs propres aux CIE et aux agents de stress avant l'occurrence de l'agent de stress;

(2) lorsque l'agent de stress *potentiel* se manifeste, utiliser les indicateurs des interactions CIE/agents de stress, et comparer ces valeurs avec les données de référence établies pour mesurer la perturbation.

Il est recommandé que les protocoles d'échantillonnage des indicateurs dans la ZPM SK-B mettent l'accent sur des méthodes d'échantillonnage non destructives, comme des véhicules téléguidés, des caméras sous-marines et des amarrages avec des hydrophones et des instruments océanographiques, et incluent les données actuelles recueillies à partir de la pêche au casier de la morue charbonnière. Une approche progressive est recommandée afin de réduire au minimum la fréquence et l'étendue de la surveillance destructrice. Par exemple, pour estimer la biomasse des CIE, il vaut mieux s'en tenir aux périodes et aux emplacements de la surveillance visuelle en cours.

Il est recommandé d'utiliser une approche itérative pour élaborer les objectifs de conservation opérationnels afin de préciser la liste des indicateurs fondés sur les risques proposés, et de sélectionner les indicateurs écosystémiques dans la ZPM SK-B.

Il est recommandé que le rendement des indicateurs proposés soit évalué en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des agents de stress et l'établissement de données de référence sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 20 et 21 mai 2015 sur l'Élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour les zones de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) et du champ hydrothermal Endeavour à l'aide du cadre d'analyse du risque écologique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques du secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada (MPO).

Davies, S., O, M., Boutillier, J. 2011. Recommendations for indicator selection for SGaan Kinghlas Bowie Seamount Marine Protected Area. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/069. vi + 30 p. (Consulté le 3 juillet 2015).

MPO. 2011. Indicateurs, protocoles et stratégies de surveillance pour la zone de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/036. (Consulté le 3 juillet 2015).

MPO. 2015. Application d'un cadre d'analyse du risque écologique visant à guider la gestion écosystémique des zones de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) et du champ hydrothermal Endeavour. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/037.

Jennings, S. 2005. Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. Fish Fish. 6: 212-232.

O, M., Martone, R., Hannah, L., Greig, L., Boutillier, B., Patton, S. 2015. An Ecological Risk Assessment Framework (ERAF) for Ecosystem-based Oceans Management in the Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/072. vii + 59 p. (Consulté le 3 juillet 2015).

Rochet, M.J., Rice, J.C. 2005. Do explicit criteria help in selecting indicators for ecosystem-based fisheries management? ICES J. Mar. Sci. 62: 528-539.

ANNEXE

*Tableau A1. Indicateurs de CIE proposés et leurs composantes mesurables dans la ZPM SK-B. Une **CIE** en gras est seulement touchée par **l'agent de stress** en gras y correspondant.*

CIE			Paramètre clé	Indicateur proposé	Composante mesurable
Invertébrés	Sessiles, benthiques	Coraux : - *Isidella tentaculum* - **Coraux (habitat)** - Espèce *Primnoa* blanc Éponges : - **Éponges (habitat)** Algues : - Algues coralliennes - **Macroalgues (habitat)**	Taille de la population	**Richesse des espèces**	Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)
				Abondance	Aire couverte (%) – (Macroalgues, algues coralliennes) Superficie de la parcelle (en m^2) Nombre par m^2 (coraux, éponges)
				Biomasse	Poids/aire unitaire
			État de la population	Santé/état liés aux maladies et aux espèces aquatiques envahissantes	Présence de maladies et d'espèces aquatiques envahissantes
				Santé/état liés aux dommages physiques	Proportion de colonies/habitat endommagés (%)
	Mobiles, benthiques	Crustacés : - Galatée	Taille de la population	Abondance et densité des espèces	Densité moyenne/nombre d'organismes dans une aire de répartition donnée
			État de la population	Santé/état	Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex., comportement de redressement et alimentaire, réflexes)
				Aire de répartition de l'espèce	Éventail des espèces
Vertébrés (poissons)	Pélagiques	Sébaste : - Sébaste à œil épineux - Veuve - Bocaccio - Sébaste aux yeux jaunes	Taille de la population	Abondance	Répartition par fréquence de taille
				Biomasse	Poids/aire unitaire
				Diversité et richesse des espèces	Délimitation de la population ou du stock
	Démersaux	Autres poissons : - Morue charbonnière - Flétan du Pacifique - Zaprora	État de la population	Coefficient de condition, k	p. ex., poids/longueur, âge, contenu de l'estomac, présence de maladies ou d'espèces envahissantes, charge parasitaire
				Génétique	Délimitation de la population ou du stock

Tableau A2. Indicateurs et composantes mesurables proposés pour les agents de stress reconnus comme ayant une incidence sur la ZPM SK-B. Les activités/agents de stress sont présentés par ordre de priorité approximatif.

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM SK-B	• Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km
		Volume d'hydrocarbures déversés	• Superficie x épaisseur minimale
		Type d'hydrocarbures	• Détermine la superficie benthique, superficielle ou de la colonne d'eau P. ex., bitume – couverture superficielle des habitats benthiques, hydrocarbures – déversement en surface seulement
Levés sismiques/canons à air	Émissions sonores	Distance de la ZPM SK-B	• Relation distance-effet pour tous les taxons, surtout les œufs et les larves
		Coups de feu (canons à air)	• Niveau de bruit auquel sont exposés les invertébrés sessiles et effets sur ces organismes (en raison des changements de la bathymétrie, certaines zones pourraient être plus touchées que d'autres)
		Modèles de propagation du son	• Les mesures acoustiques dans le milieu environnant et à distance sont encouragées dans le cadre des activités sismiques
Rejets	Espèces aquatiques envahissantes	Fréquence de l'exposition potentielle	• Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km • Nombre de renouvellements de l'eau de ballast à proximité de la ZPM SK-B.
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, indice de biodiversité de Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	• Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition) • Aire couverte/zone touchée • Nombre par m^2
		Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	• Poids/aire unitaire
	Débris	Abondance relative des débris	• Fréquence de l'occurrence
		Caractérisation des débris	• Types et taille des débris

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
	Hydrocarbures/contaminants	Fréquence de l'exposition potentielle	• Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km • Nombre de renouvellements de l'eau de ballast à proximité de la ZPM SK-B.
		Volume des rejets	• Superficie x épaisseur minimale
		Proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes concernant les paramètres d'intérêt de la qualité de l'eau	• p. ex., indice de la qualité de l'eau du CCME
	Nutriments	Azote	• p. ex., quantité totale d'azote, concentration de nitrate, concentration d'ammoniac total
		Phosphore	• Phosphore total dissous, phosphore réactif soluble
Pêche aux casiers ou aux nasses	Retrait de matières biologiques	Prises	• Prises et prises accessoires consignées • Prises et prises accessoires modélisées
		Exposition maximale possible	• Nombre de jours par année où la pêche est permise • Nombre de navires x maximum de capture autorisée
	Espèces aquatiques envahissantes	Fréquence de l'exposition potentielle	• Nombre de casiers par superficie
		Richesse en espèces d'EAE	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, indice de biodiversité de Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)
		Occurrence/ abondance d'EAE	• Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition) • Aire couverte/ zone touchée • Nombre par m^2
		Biomasse d'EAE	• Poids/aire unitaire
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (%) de la zone/habitat écrasé
		Zone écrasée potentielle maximale	• Taille du casier x nombre déployé Scénario de la pire éventualité de dragage = largeur du casier x longueur de la ligne. Meilleur scénario = empreinte du casier x nombre de casiers
		Densité des casiers/pièges	• Nombre de casiers/pièges déployés dans une zone donnée
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN),

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
		turbidité	ou % du fond
		Composition du substrat	• p. ex., pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
	Piégeages/enchevêtrements	Exposition potentielle aux casiers rejetés/perdus	• Nombre de casiers comportant des ouvertures libérables (où les cordes se dissolvent et le casier peut s'ouvrir) • Nombre de casiers perdus
Déplacement en cours	Perturbations sonores	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM SK-B	• Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km
		Niveau de bruit dans la ZPM SK-B	• Mesure du son produit (p. ex., hydrophones)
Mise à la masse	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	• p. ex., pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (%) de la zone/habitat écrasé
		Taille/type de navire	• Taille du navire (m^2)
Abandon d'équipement	Contaminants	Proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes pour les paramètres d'intérêt de la qualité de l'eau	• p. ex., indice de la qualité de l'eau du CCME
		Contaminant potentiel	• Liens avec la composition et le type d'équipement
		Durée de l'exposition	• Période écoulée depuis l'installation
Échantillonnage	Retrait d'organismes	Biomasse	• Poids/aire unitaire des organismes échantillonnés (prélevés) • Proportion (en %) de l'habitat biogénique retiré
		Exposition maximale possible	• Nombre d'échantillons autorisés • Nombre de missions de recherche impliquant un échantillonnage par année x nombre maximal d'échantillons autorisés
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
		Composition du substrat	• p. ex., pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2
Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques envahissantes	Fréquence de l'exposition potentielle	• Nombre de sites de plongée par sortie • Existence de protocoles de nettoyage/rinçage de l'équipement entre les sites de plongée
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	• Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, indice de biodiversité de Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	• Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition) • Aire couverte/ zone touchée • Nombre par m^2
		Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	• Poids/aire unitaire
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	• p. ex., pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
		Fréquence des répercussions potentielles	• Nombre de collisions
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2
		Fréquence des répercussions potentielles	• Nombre de collisions
	Perturbations par la lumière	Zone exposée à la lumière artificielle des engins sous-marins	• Aire couverte (%)
		Fréquence d'exposition	• Nombre de plongées sous-marines pendant une campagne de recherche ou une période donnée
Installation de l'équipement	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2
	Perturbation du substrat (remise en suspension des	Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond

Activité	Agent de stress	Indicateur	Composante mesurable
	sédiments)	Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	• p. ex., pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
	Contaminants	Proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes pour les paramètres d'intérêt de la qualité de l'eau	• p. ex., indice de la qualité de l'eau du CCME
		Contaminant potentiel	• Liens avec le type d'équipement et la méthode d'installation
Plongée sous-marine	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Exposition potentielle	• Nombre de plongeurs/année
		Hausse maximale des sédiments en suspension	• p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	• p. ex., unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	• p. ex., pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
	Perturbation du substrat (écrasement)	Superficie écrasée	• Proportion (en %) de la zone écrasée • m^2

Tableau A3. Indicateurs proposés pour les interactions entre les CIE et les agents de stress actuels dans la ZPM SK-B et leurs composantes mesurables.

CIE		Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
Invertébrés (sessiles benthiques)	Coraux : - *Isidella tentaculum* - Coraux (habitat) Éponges : - Éponges (habitat)	Pêche aux casiers ou aux nasses	Perturbation du substrat (écrasement)	Taille de la population	Nombre de colonies avec des dommages visibles/ fragmentation	Proportion de la population échantillonnée (%) présentant des dommages visibles/ fragmentation	• Relevé visuel • Les données sur les prises documenteront ceci, mais incluront uniquement les coraux écrasés/endommagés, mais non retirés. • Les données scientifiques sur le dragage documenteront ceci, mais ne seront pas aussi précises
				État de la population	Nombre de colonies délogées	Proportion de la population échantillonnée (%) délogée	• Relevé visuel
			Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Taille de la population	Nombre de colonies montrant des signes d'étouffement	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée	• Relevé visuel
				État de la population	Nombre de colonies montrant des signes d'étouffement	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée	• Relevé visuel
			Retrait de matières biologiques	Taille de la population	Prises accessoires	Données sur les prises accessoires des pêches. Remarque : Ceci mesure uniquement	• Les données sur les prises documenteront ceci, mais incluront uniquement les

CIE		Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
						les coraux et les éponges retirés	coraux écrasés/endommagés, mais non retirés. • Les données scientifiques sur le dragage documenteront ceci, mais ne seront pas aussi précises
				État de la population	Aucun indicateur précis qui documenterait adéquatement le retrait des coraux et des éponges.	De plus amples recherches sont nécessaires. Toutefois, certaines composantes mesurables peuvent faciliter ce processus, notamment : enregistrement des prises accessoires, lignes de base de la répartition spatiale des populations/densité	• Les données sur les prises documenteront ceci, mais incluront uniquement les coraux écrasés/endommagés, mais non retirés. • Les données scientifiques sur le dragage documenteront ceci, mais ne seront pas aussi précises
Poissons	Démersaux : - Morue charbonnière Pélagiques (sébaste) : - Sébaste à œil épineux	Pêche aux casiers ou aux nasses	Retrait de matières biologiques	Taille de la population	Abondance et densité de la population	Nombre/répartition par fréquence de taille	• Relevé visuel • Techniques d'évaluation du stock • Données sur les prises
					Biomasse des organismes prélevés	Prises débarquées	• Les données sur les prises peuvent être utilisées pour ceci
	Pélagiques (sébaste) : - Bocaccio	Déplacement en cours	Perturbations sonores	État de la population	Aucun indicateur précis qui pourrait être lié à	De plus amples recherches sont nécessaires.	

CIE	Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
- Sébaste aux yeux jaunes				des changements de l'état de la population de poissons découlant du bruit des navires.	Toutefois, certaines composantes mesurables peuvent faciliter ce processus, notamment : la répartition spatiale/densité de population, et des études sur les réactions comportementales.	

Tableau A4. Indicateurs proposés pour les interactions potentielles entre les CIE/agents de stress et leurs composantes mesurables. Un astérisque (*) indique une interaction entre une CIE et un agent de stress qui n'est pas classée comme étant une priorité modérée ou élevée.

CIE		Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur potentiel	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
Poissons	Pélagiques (sébaste) : • Sébaste à œil épineux • Sébaste aux yeux jaunes • Bocaccio • Veuve Démersaux : • Flétan du Pacifique • Zaprora • Morue charbonnière	Relevés sismiques	Levés sismiques/ canons à air	Taille de la population	Abondance en larves	Densité moyenne et richesse en espèces de larves	• Nécessite des données de base sur les populations, incluant les variations saisonnières • Profileur de courant à effet Doppler • Traits de filets
				État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux	Présence de dommages aux tissus et organes Par exemple, la vessie gazeuse.	• Méthodes de délimitation de la population ou du stock
					Réponse comportementale	De plus amples recherches sont nécessaires. Toutefois, certaines composantes mesurables peuvent faciliter ce processus, notamment : la répartition spatiale/densité de population, et des études sur les réactions comportementales.	• Nécessite des données de base sur les populations • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
		Déversement d'hydrocar-bures	Hydro-carbures	Taille de la population	Abondance	Répartition par fréquence de taille	• Nécessite des données de base sur les populations
					Densité de la population	Structure par âge et par taille, nombre par secteur	• Nécessite des données de base sur les populations • Les relevés visuels (VT), les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
				État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux	Présence de la maladie, modification de la structure par âge et par taille	• Nécessite des données de base sur les populations
					Diversité et structure		• Nécessite des données de

	CIE	Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur potentiel	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
					génétique		base sur les populations
Invertébrés	Algues : • Macroalgues (habitat) • Algues coralliennes (habitat)*	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	Taille de la population	Abondance	Superficie des habitats	• Relevés visuels • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE
				État de la population	Richesse des espèces/présence de maladies	Mesures de la diversité (p. ex., Shannon, Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE • Relevés visuels
		Rejets	Espèces aquatiques envahissantes*	Taille de la population	Abondance	Changement de l'étendue aréale des habitats	• Nécessite des données de base sur les populations •
				État de la population	Changement d'état	Proportion de l'habitat (%) affichant une mortalité liée à la maladie, l'étouffement, etc.	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE
	Éponges : • Éponges (habitat)* Coraux : • Coraux	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures	Taille de la population	Nombre de colonies avec des dommages visibles/mortalité	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée	• Nécessite des données de base sur les populations
				État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux	Perte de tissus, élargissement des sclérites (coraux), production excédentaire	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants

CIE	Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur potentiel	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
(habitat) • Espèce *Primnoa* blanc • *Isidella tentaculum*					de mucus, ophiurides commensaux décolorés et recouverts d'un matériel floconneux brun (floc)	des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
	Utilisation d'engins sous-marins	Espèces aquatiques enva-hissantes	Taille de la population	Nombre de colonies avec des dommages visibles/mortalité	Nombre de colonies (proportion) montrant des signes de mortalité liée à la maladie ou d'étouffement par des organismes	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
			État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux	Perte de tissus, élargissement des sclérites (coraux), production excédentaire de mucus, ophiurides commensaux décolorés et recouverts d'un matériel floconneux brun (floc)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.

CIE		Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur potentiel	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
		Rejets	Espèces aquatiques enva-hissantes	Taille de la population	Nombre de colonies avec des dommages visibles/mortalité	Nombre de colonies (proportion) montrant des signes de mortalité liée à la maladie ou d'étouffement par des organismes	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
				État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux	Perte de tissus, élargissement des sclérites (coraux), production excédentaire de mucus, ophiurides commensaux décolorés et recouverts d'un matériel floconneux brun (floc)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
		Pêche aux casiers ou aux nasses	Espèces aquatiques enva-hissantes*	Taille de la population	Nombre de colonies avec des dommages visibles/mortalité	Nombre de colonies (proportion) montrant des signes de mortalité liée à la maladie ou d'étouffement par des organismes	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Les relevés visuels, les

CIE		Activité	Agent de stress	Paramètre clé	Indicateur potentiel	Composante mesurable de l'indicateur	Collecte de données
							techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.
				État de la population	Changement de l'état/ effets sublétaux	Perte de tissus, élargissement des sclérites (coraux), production excédentaire de mucus, ophiurides commensaux décolorés et recouverts d'un matériel floconneux brun (floc)	• Nécessite des données de base sur les populations • Doit être combinée aux indicateurs indépendants des agents de stress et des CIE pour établir un lien entre la source des espèces aquatiques envahissantes et les CIE • Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : (250) 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2015. Élaboration d'indicateurs fondés sur les risques pour la zone de protection marine du mont sous-marin Bowie (SGaan Kinghlas) à l'aide du cadre d'évaluation du risque écologique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/054.

Also available in English:

DFO. 2015. Development of risk-based indicators for SGaan Kinghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area using the ecological risk assessment framework. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2015/054.